

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-195043

(43)Date of publication of application : 29.07.1997

(51)Int.Cl.

C23C 14/35

(21)Application number : 08-008200

(71)Applicant : SHIN ETSU CHEM CO LTD

(22)Date of filing : 22.01.1996

(72)Inventor : EJIMA MASAKI

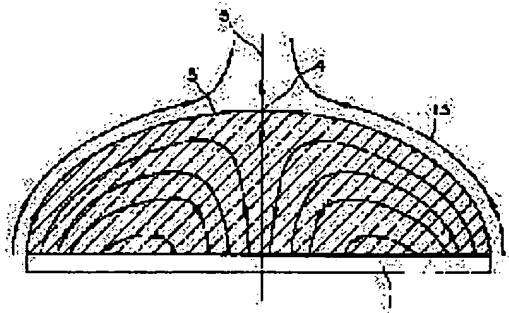
SHIMIZU YOSHIMASA

(54) MAGNETRON TYPE SPUTTERING ELECTRODE MAGNETIC FIELD COORDINATION AND ITS MAGNETIC CIRCUIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide magnetron type sputtering electrode magnetic field coordination capable of assuring erosion over the entire surface of a target by improving the consumption efficiency of the target, and further, decreasing the defects of the films formed on a substrate with this magnetron type sputtering electrode magnetic field coordination.

SOLUTION: The magnetic field coordination is formed between the target 1 of a magnetron type sputtering electrode and the substrate to be formed with the sputtered films by a magnet arranged on the rear surface of the target 1. The coordination of the magnetic lines of force by the magnet has a null point 4 between the substrate to be formed with the sputtered films and the target. The separatrixes 5 passing this null point 4 form domes on the target 1.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-195043

(43) 公開日 平成9年(1997)7月29日

(51) Int.Cl.⁶

C 2 3 C 14/35

識別記号

庁内整理番号

F I

C 2 3 C 14/35

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全8頁)

(21) 出願番号 特願平8-8200

(22) 出願日 平成8年(1996)1月22日

(71) 出願人 000002060

信越化学工業株式会社

東京都千代田区大手町二丁目6番1号

(72) 発明者 江島 正毅

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越化学工業株式会社精密機能材料研究所内

(72) 発明者 清水 佳昌

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越化学工業株式会社精密機能材料研究所内

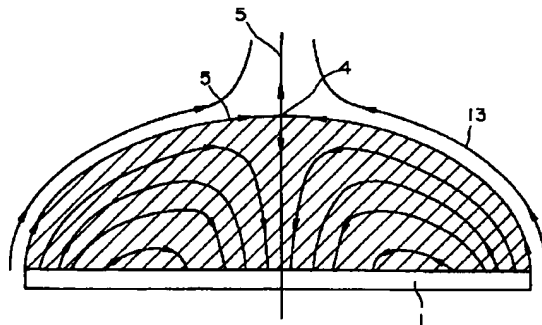
(74) 代理人 弁理士 山本 亮一 (外1名)

(54) 【発明の名称】 マグネトロン型スパッター電極磁界配位及びその磁気回路

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 マグネトロン型スパッター電極磁界配位において、ターゲット消費効率を改善し、さらに基板上生成膜の欠陥を低減化し、ターゲット全面にわたってエロージョンを確保できるマグネトロン型スパッター電極磁界配位を提供する。

【解決手段】 マグネトロン型スパッター電極のターゲット1背面に配置した磁石によって該ターゲット1とスパッター成膜基板との間に形成される磁界配位において、該磁石による磁力線配位がスパッター成膜基板とターゲットの間でヌルポイント4を有し、該ヌルポイント4を通るセパトリックス5がターゲット1上にドームを形成してなることを特徴とするマグネトロン型スパッター電極磁界配位。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マグネトロン型スパッター電極のターゲット背面に配置した磁石によって該ターゲットとスパッター成膜基板との間に形成される磁界配位において、該磁石による磁力線配位がスパッター成膜基板とターゲットの間でヌルポイントを有し、該ヌルポイントを通るセパラトリックスがターゲット上にドームを形成してなることを特徴とするマグネトロン型スパッター電極磁界配位。

【請求項2】 ターゲットの周縁部から湧出する磁力線がセパラトリックスで形成されるドーム近傍の位置にてターゲットに沈降してなる請求項1に記載のマグネトロン型スパッター電極磁界配位。

【請求項3】 頂点から底部へ向けて磁化方向が異なる部分に三分割された扇形あるいは三角形の永久磁石を複数個組み合わせて、円形状または多角形状とし、上記三分割のうち内周側部分の磁化方向を頂点方向へ向けて、外周側部分の磁化方向を外周方向へ向け、中周部分の磁化方向をターゲット方向へ向けるか、または前記の磁化方向をすべて反転させてなることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の磁界配位を形成するための磁気回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は基板上に薄膜を形成するためのマグネトロン型スパッター装置における電極磁界配位、及びその磁気回路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、最も良く用いられているマグネトロン型スパッター電極の磁界配位を軸対称型について図10に示す。ターゲット21の背面に永久磁石22を軸対称に配したもので、ターゲットから湧出する磁力線23が円弧状を描いてターゲットに沈降する領域が形成される。この円弧状磁力線上のスパッター放電プラズマ中の電子はターゲット表面に衝突し、2次電子を生成し、点B₁ F₁間（および点B₂ F₂間）を往復してさらに2次電子を生成し、累積的に増加し、プラズマは円弧状磁力線の内側に閉じ込められ、高密度のプラズマが点A₁（およびA₂）の近傍で形成される。この高密度プラズマによってスパッター効率が増大し、磁界を用いない平行平板型二極スパッター法に比べて成膜速度の高いスパッターが可能である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながらこのマグネトロン型スパッター電極の欠点は、ターゲット表面で*

電子サイクロトロン角周波数
熱速度
ラーモア半径

となり、ラーモア半径は1mm以下である。中性Arガスと熱平衡にあるArイオンの運動エネルギーT_iは室温※50

*のエロージョンが局所的に、図10の場合は点A₁（およびA₂）の近傍に、集中して進行することである。特に、絶縁物ターゲットを高周波放電でスパッターしたりあるいは直流放電で導電性ターゲットを用いる反応性スパッター法で絶縁物をスパッター成膜する場合、ターゲット表面でエロージョンの進まない領域（図10では内周部OC₁、OC₂および外周部D₁E₁、D₂E₂の領域）ではスパッター生成絶縁物が付着し、その堆積膜が厚くなると膜の剥離が起こったり、さらにはこの剥離片による発塵が発生し、基板上の生成膜に欠陥をもたらすことがある。また、導電性ターゲット表面上でエロージョンの進行する導電性領域とスパッター生成絶縁物の付着が進行する堆積領域の境界近傍では、絶縁破壊を起こしやすく、アーク発生の原因となり、これは成膜基板にピンホール欠陥を引き起こす原因となる。また、エロージョン領域が局所化されるとターゲットの消費効率も当然低下する。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明者等は上記問題点に鑑み、鋭意検討を重ねた結果、本発明を完成させるに至った。すなわち本発明は、マグネトロン型スパッター電極のターゲット背面に配置した磁石によって該ターゲットとスパッター成膜基板との間に形成される磁界配位において、該磁石による磁力線配位がスパッター成膜基板とターゲットの間でヌルポイントを有し、該ヌルポイントを通るセパラトリックスがターゲット上にドームを形成してなることを特徴とするマグネトロン型スパッター電極磁界配位を要旨とし、また、頂点から底部へ向けて磁化方向が異なる部分に三分割された扇形あるいは三角形の永久磁石を複数個組み合わせて、円形状または多角形状とし、上記三分割のうち内周側部分の磁化方向を頂点方向へ向けて、外周側部分の磁化方向を外周方向へ向け、中周部分の磁化方向をターゲット方向へ向けるか、または前記の磁化方向をすべて反転させてなることを特徴とする上記磁界配位を形成するための磁気回路を要旨とするものである。ここで、ヌルポイントとは、図1の4に示すように磁界強度がゼロとなる磁界配位の特異点で鞍馬点とも呼ばれている。また、セパラトリックスとは、図1の5に示すようにこの特異点を通る磁力線である。

【0005】以下に、これをさらに詳述する。上記の課題を解決するには、まず、スパッター放電中の電子及びイオンの磁界中での挙動を解析する必要がある。電子の運動エネルギーT_eは、通常数eVであるため、T_e=3eV、磁界B=100ガウスとすると、

$$\omega_c = 1.76 \times 10^9 \text{ sec}^{-1}$$

$$v = 1.03 \times 10^6 \text{ m/sec}$$

$$\rho = 0.59 \text{ mm}$$

※300°Kで1/40eV以下であるが、ターゲットへ向けて加速されるとターゲット印加電圧の500～10

3

00 eVに達する。したがってターゲット表面近傍シース(厚さは1~2mm)から放電プラズマ中に入ったとき*イオンサイクロトロン角周波数

$Ti = 1/40 \text{ eV}$ のとき、

熱速度

ラーモア半径

$Ti = 100 \text{ eV}$ のとき、

熱速度

ラーモア半径

となり、ラーモア半径は約1cm~1mとなる。このことからスパッターのプラズマでは電子の動きは磁力線に縛りつけられ、磁力線の方へだけしか動けない。これに対し、イオンはラーモア半径が装置サイズであるため、磁界の影響は受けないものとみなせる。

【0006】磁力線がターゲット表面上で円弧状となり、ターゲットから湧出してターゲットに沈降する場合、この磁力線上の電子は湧出点と沈降点の間をバウンスして二次電子を倍增させ、この領域に電荷中和のためイオンを引き込み、高密度プラズマを形成し、その下のターゲット領域ではエロージョンが進行する。これに対し、磁力線がターゲットに戻らず解放されている領域(図10では内周部OC₁、OC₂ および外周部D₁E₁、D₂E₂の領域)ではこのような二次電子倍增効果がなく、プラズマは高密度にならず、エロージョン速度より堆積速度が上回ってスパッター生成物付着領域となる。背面磁石を中心軸に対し非対称に配置して回転させ、エロージョン速度を回転時間平均で堆積速度を上回るようにして、ターゲット全面にわたってエロージョンをとる方法もあるが、この方法では磁石配置が複雑で、さらに磁石回転のモーターが必要である。

【0007】本発明は、単純な磁石配置で磁石回転も行わずにスパッター生成物の付着を抑制し、ターゲット全面にわたってエロージョンを確保しようとするものである。このためにはターゲットから湧出する磁力線をなるべく多く、できればその全てをターゲットへ沈降させ、開放磁力線の数を抑えてマグネトロン型本来の特徴を最大限に利用すれば良い。なお、磁力線の方へは、荷電粒子のサイクロトロン運動で右回りか左回りかを定めるが、これはスパッターに与かる現象とは無関係であるため、ターゲット上での磁力線の湧出と沈降は入れ替わってもよい。同じ理由で、組み合わせた全ての磁石の極性を反転させてもよい。

【0008】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について説明する。ターゲット上全面にわたってスパッター生成物の付着を抑制し、エロージョンを確保する第一の方法は、磁界配位を図1のようにしてヌルポイント4を形成し、このヌルポイントを通るセバトリックス5でドーム(斜線で示す)を形成すれば良い。この方法の特徴はドームの中においてはターゲット1から湧出する磁力※50

4

*ろでは、 $Ti = \text{数eV}$ から $Ti = \text{数100eV}$ に分布している。磁界Bを上記と同じく100ガウスとすると、

$$\omega_c = 2.39 \times 10^4 \text{ sec}^{-1}$$

$$v = 3.52 \times 10^2 \text{ m/sec}$$

$$\rho = 15 \text{ mm}$$

$$v = 2.19 \times 10^4 \text{ m/sec}$$

$$\rho = 914 \text{ mm}$$

10※線は全てターゲットに沈降する点にある。上記解析によれば、放電プラズマはドームの中に有効に閉じ込められるため、ドームの下ターゲット面全域にわたってエロージョンが効率よく進行する。

【0009】第二の方法は、磁界配位を図2に示すように、セバトリックスで形成されるドームを中心に配置し、その外部に従来マグネトロン型の環状ドームを配置し、両ドームを極力近接させたものである。この場合はヌルポイント近傍での電子の運動の特異性を利用するので、これについて以下に説明する。ラーモア半径の大きさが無限に小さい場合、電子の運動は上記のように磁力線に完全に縛られているが、ラーモア半径が有限の場合はこのヌルポイントの近傍における電子の運動は極度に複雑である。図3は、ヌルポイント近傍における電子の運動状態を示したもので、電子の運動は磁力線に平行方向の速度 $v(\parallel)$ 、垂直方向の速度 $v(\perp)$ 、磁力線との角度位相 ψ によって厳密に決定されるが、これら3個のパラメーターの組み合わせで、図3のように、いずれのセバトリックスの方へも抜け出ることができ、すなわち、ヌルポイント近傍では電子の軌道はぼやける効果がある。このぼやけ効果を利用してターゲット全面にわたって付着堆積領域をなくし、全面エロージョンとすることもできる。すなわち、図2のようにターゲット周縁部(点F₁およびF₂)を通る磁力線がターゲットに沈降する位置(点E₁およびE₂)を上記のドームの基点(点D₁およびD₂)に極力近づければ良い。ターゲット上の点D₁と点E₁の間では、ラーモア半径はゼロの場合、エロージョン速度より堆積速度が速いため、本来付着する領域であるが、ラーモア半径が有限の大きさの場合、上記のぼやけ効果によって電子はヌルポイントを通してドーム内側から持続的に供給され、点D₁と点E₁の間でエロージョン速度と堆積速度を逆転させて付着をなくすことができ、ターゲット全面にわたってエロージョンを確保することが可能である。

【0010】本発明のマグネトロンスパッター電極磁界配位を得るための、磁気回路の一例を示すと、図4

(a)、(b)に示すように、12分割の三角形磁石2を組み合わせて軸対称とした構成の希土類磁石を作製し、ヨーク8は鉄製で直径=150mm、厚さ=10mmとし、磁石の直径=135mm、厚さ=10mm、また磁石の極性は、3mm≦半径r<29mmでは軸方向へ向き、29

$mm \leq r < 3.5mm$ では軸方向ターゲット1側へ向き、 $3.5mm \leq r \leq 6.7.5mm$ では外側へ向き、磁石素材はNdFeB系合金よりなるものである。スパッターには、後述するように非磁性体の外径150mm、厚さ5mmのシリコンターゲットを用いた。磁石上面からz方向へ8mm以上離れた位置では、三角形に分割した影響はないことが確認された。

【0011】次に、磁石中心軸を通るr-z断面で、半径r方向に5mm間隔で-90mmから+90mmまで37点、またz方向に磁石上面からz=16、21、30、35、41、46、51、56、61mmの9点で、マトリックス状に37×9点の半径方向磁界Br及びz方向垂直磁界Bzを測定した結果を、図6、図7、図8に示す。このデータから各点における磁界Bの向きを求め、磁力線の配位を求めたところ図5に示す結果が得られた。図5から、ヌルポイント4はz軸上z=56mmの位置にあり、このヌルポイント4を通るセバトリックス5は、後述のターゲット表面位置(b)のz=21mmではr=34mmでターゲットに沈降している。また、ターゲットの周縁r=75mmを通る磁力線はr=35~36mmの間でターゲット1に沈降し、この位置(図2の点E1)は、セバトリックスが沈降する点(図5の点D1)から約1~2mm離れているだけでセバトリックスのドームに極度に近接している。なお、この磁界配位の実測値は三次元有限要素法コンピュータ計算結果と良好に一致していた。

【0012】

【実施例】次に、本発明の実施例について説明するが、これは本発明を限定するものではない。

実施例

外径86mmのガラス基板にSiNx層を、外径150mm、厚さ5mmのボロンドーブシリコンターゲット上にマグネロン型スパッタ法により成膜する場合、マグネロン型スパッター電極に、ボロンBをドーブしたシリコンターゲット(抵抗値=0.008Ω・cm)を取り付け、その背面に図4に示す直径=150mm、厚さ=10mmの鉄製ヨーク、直径=135mm、厚さ=10mm、極性は、 $3mm \leq$ 半径 $r < 2.9mm$ では軸方向へ向き、 $2.9mm \leq r < 3.5mm$ では軸方向ターゲット1側へ向き、 $3.5mm \leq r \leq 6.7.5mm$ では外側へ向き、磁石素材はNdFeB系合金よりなる12個の磁石を図のように配し、ArとN₂の混合ガス(混合容量比1:2)を流量50sccmで流し、ターゲットには直流電圧を印加して、反応性スパッター法で基板上にSiNx絶縁膜を成膜した。スパッターガス圧は9mTorrで、投入電力は4kWとした。なお、上記磁石には周方向回転を与えず、静止状態でスパッターを行った。

【0013】この時の図6~8に示す個々の実測磁界配位より磁力線配位を求めたところ、図5に示す結果が得られた。この際、ターゲット上に付着するSiNx絶縁

膜の堆積領域及び付着領域を、スパッター放電を行った後に電極を開けて付着領域を目視観察した。その結果を図9(a)、(b)に示す。この時図5において、磁石上面Mとターゲット表面Tとの距離MTが16mmで、磁石上面Mと基板Sとの距離MSが56mmの時、薄い絶縁物の付着が、ターゲットの中心部と中周部に、図9

(a)に示すように観察された。中心部付着14は直径3mm弱で、また中周部付着15はr=34~36mm(幅2mm)の細い完全な環状であった。この環状領域の半径方向位置は、図5のセバトリックスが沈降する点D1、D2の半径r=34mmと、ターゲット周縁部磁力線が沈降する点E1、E2の半径r=35~36mmと対応している。この場合、全面エロージョンとならずに上記のように部分的に付着が見られたのは、基板の位置(距離MS=56mm)が図5の基板位置(a)、ターゲット表面位置(a)の場合からわかるように、ヌルポイント(z=56mm)にはほぼ接する位置であるため、セバトリックスのドームが頂上部で基板に接し、スパッター放電プラズマ中の電子が一部基板へ抜けているためである。

【0014】図5において、磁石上面Mとターゲット表面Tとの距離MTを21mmとし、磁石上面Mと基板Sとの距離MSを61mmとした時、すなわち図5の基板位置(b)、ターゲット表面位置(b)の場合、ヌルポイント(z=56mm)はターゲットと基板との間にあり、セバトリックスのドームは基板に影響されることがなく、この場合は図9(b)に示すように、付着は中心部にも中周部にもまったく見られず、全面がエロージョン状態であることがわかる。

【0015】ターゲット上への生成絶縁物の付着を完全に抑制したこの結果から、以下のことが確認された。すなわち、ヌルポイントを通るセバトリックスのドームの中ではターゲットから湧出する磁力線はすべてターゲットに沈降するため、図5の点D1、D2間領域ではプラズマが効率よく閉じ込められ、ターゲット周縁(図5の点F1およびF2)とこの点とを通過してターゲットに沈降する点(図5の点E1およびE2)の間の領域、すなわちE1、F1、E2、F2間領域でも、プラズマは同様に効率よく閉じ込められてスパッターエロージョン速度が堆積付着速度を上回る。最も堆積付着が予想されるドーム近傍領域(図5のD1、E1およびD2、E2間領域)では、ヌルポイントでの電子軌道のぼやけ効果で電子がドーム内から供給され、ここでもスパッターエロージョン速度が堆積付着速度を上回り、結局ターゲット表面上全ての領域F1、F2間でスパッターエロージョン速度が堆積付着速度を上回り、全面エロージョンが確保された。

【0016】また、本発明による第一の磁界配位は、図1のように、ヌルポイントとこの点とを通るセバトリックスでドームを形成したものであり、これは図5においてターゲット半径を点D1にまで小さくした場合であ

るため、スパッターでのその有効性は上記実施例で証明されている。

【0017】

【発明の効果】本発明によれば、スパッター生成物のターゲットへの付着を抑制して、ターゲット全面にわたってエロージョンを確保することにより、ターゲット消費効率を改善できる。さらに導電性ターゲットを用いて絶縁物をスパッター成膜する場合、ターゲット上のスパッター絶縁膜の付着に起因する基板上生成膜の欠陥や、ターゲット上付着領域とエロージョン領域との境界近傍の

【図面の簡単な説明】

【図1】ヌルポイントを有し、これを通るセバトリックスでドームを形成した本発明の磁界配位を示す図である。

【図2】ヌルポイントを有し、これを通るセバトリックスでドームを形成し、さらにターゲット周縁部を通る磁力線をドーム近傍でターゲットに沈降させた本発明の

【図3】ヌルポイント近傍における電子の運動を示す図である。

【図4】本発明の磁石配置を示す図である。(a)は上面図である。(b)は断面図である。

【図5】本発明の実施例の磁石の実測磁界配位を示す図

である。

【図6】本発明の実施例の磁石による、半径方向磁界 B_r 及び垂直方向磁界 B_z の半径方向分布の、 $z=16$ 、 21mm における実測値を示す図である。

【図7】本発明の実施例の磁石による、半径方向磁界及び垂直方向磁界の半径方向分布の、 $z=30$ 、 35 、 41mm における実測値を示す図である。

【図8】本発明の実施例の磁石による、半径方向磁界及び垂直方向磁界の半径方向分布の、 $z=46$ 、 51 、 56 、 61mm における実測値を示す図である。

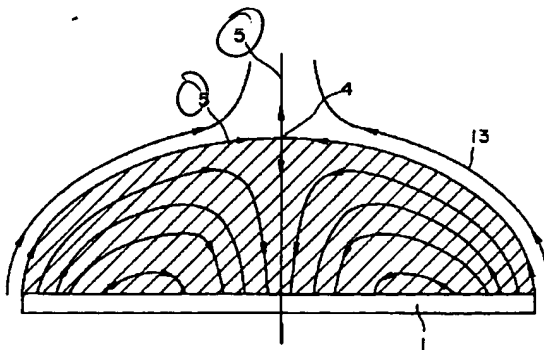
【図9】(a)は基板がヌルポイントに接した時の、また(b)は基板がヌルポイントの上に位置した時の、スパッター生成物のターゲット上の付着領域を示す図である。

【図10】従来型の電極磁界配位を示す図である。

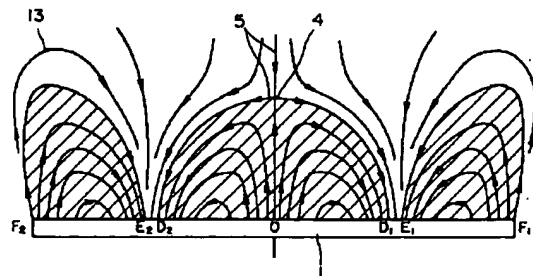
【符号の説明】

1、21	ターゲット	2、22	永久磁石
4	ヌルポイント	5	セバトリックス
6	電子軌道	8、28	ヨーク
13、23	磁力線	14	中心部付着
15	中周部付着		

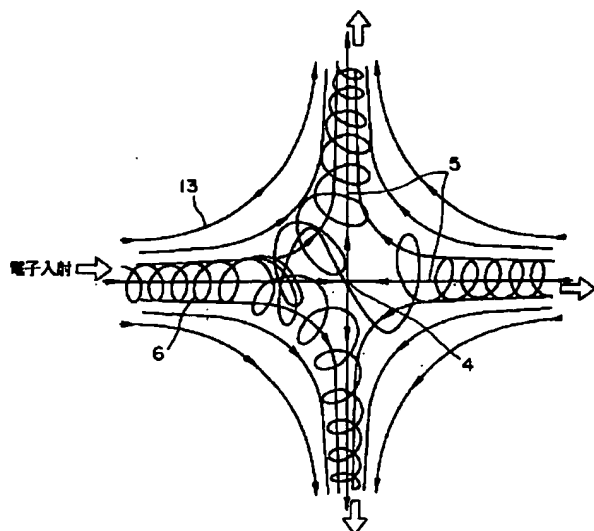
【図1】



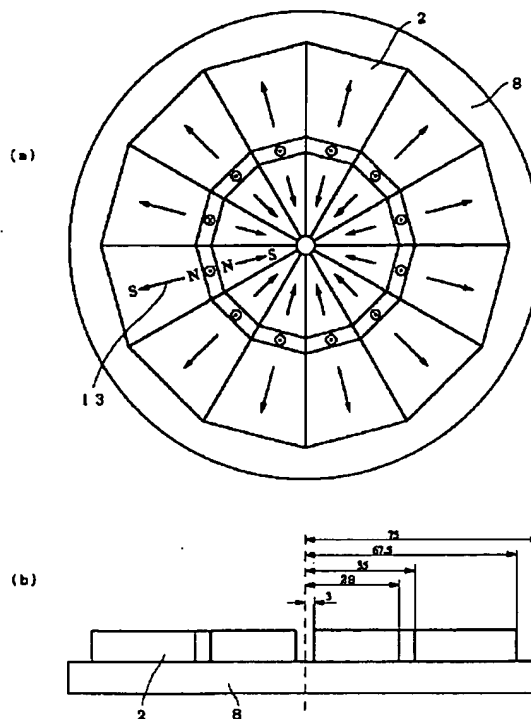
【図2】



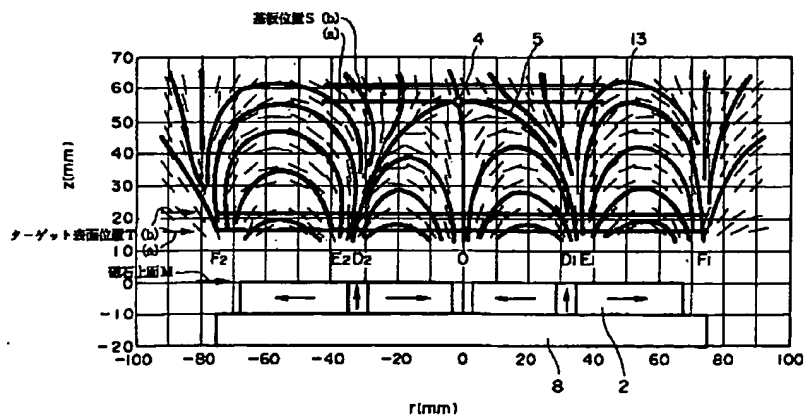
【図3】



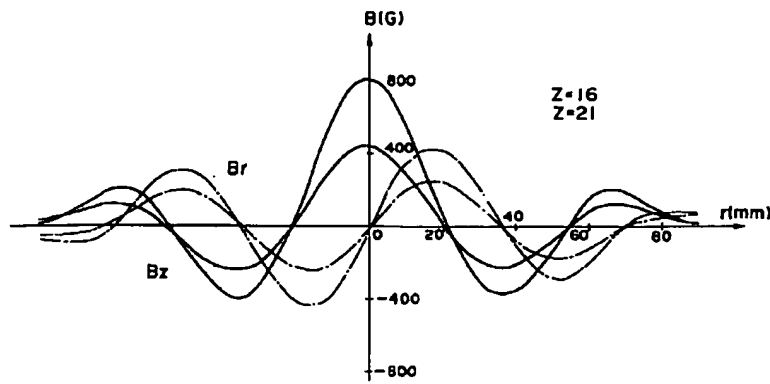
【図4】



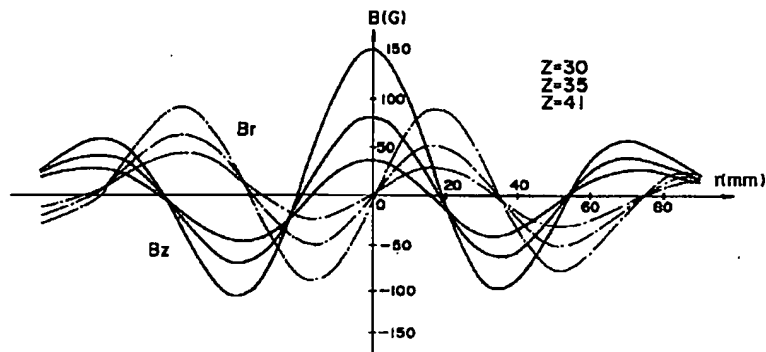
【図5】



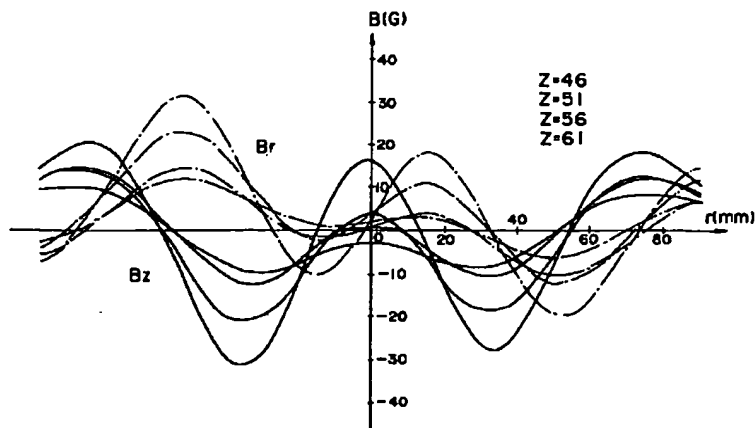
【図6】



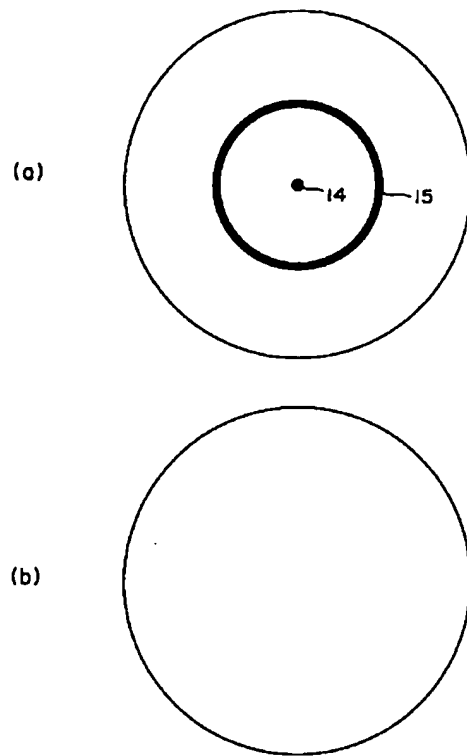
【図7】



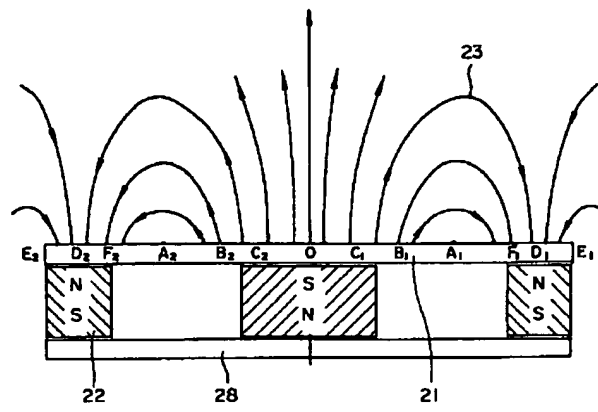
【図8】



【図9】



【図10】



* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the electrode field coordination in the magnetron mold sputtering system for forming a thin film on a substrate, and its magnetic circuit.

[0002]

[Description of the Prior Art] The field coordination of the magnetron mold spatter electrode used former best is shown in drawing 10 about an axial symmetry mold. It is what arranged the permanent magnet 22 on axial symmetry at the tooth back of a target 21, and the field where the line of magnetic force 23 which gushes from a target draws the shape of radii, and sediments at a target is formed. The electron in the spatter discharge plasma on this circular line of magnetic force collides with a target front face, generates a secondary electron, and is point B1 F1. It goes and comes back to between (and point B-2 F2 between), a secondary electron is generated further, and it increases cumulatively, and the plasma is shut up inside circular line of magnetic force, and the plasma of high density is formed near the point A1 (and A2). Compared with the parallel plate mold two pole sputtering technique which spatter effectiveness increases and does not use a field by this high density plasma, a spatter with a high membrane formation rate is possible.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the case of drawing 10, it is going on intensively near the point A1 (and A2) locally [the fault of this magnetron mold spatter electrode / the erosion on the front face of a target]. When spatter membrane formation of the insulating material is carried out by the reactant sputtering technique which carries out the spatter of the insulating material target by high frequency discharge especially, or uses a conductive target by direct current discharge, the field (drawing 10 -- the inner circumference section OC 1 --) to which erosion does not go on a target front face OC2 And the periphery sections [D / D and / two E2] one E1 In a field, a spatter generation insulating material may adhere, the raising dust by this exfoliation piece may occur [when that deposition film becomes thick, exfoliation of the film may take place, or] further, and a defect may be brought to the generation film on a substrate. Moreover, near the boundary of the conductive field where erosion advances on a conductive target front face, and the deposition field where adhesion of a spatter generation insulating material advances, it becomes a lifting and the cause of arcing which becomes empty about dielectric breakdown, and this becomes the cause which causes a pinhole defect in a membrane formation substrate. Moreover, naturally localization of an erosion field also reduces the consumption effectiveness of a target.

[0004]

[Means for Solving the Problem] this invention person etc. came to complete this invention, as a result of repeating examination wholeheartedly in view of the above-mentioned trouble. Namely, this invention is set to the field coordination formed between this target and a spatter membrane formation substrate with the magnet arranged at the target tooth back of a magnetron mold spatter electrode. Line-of-magnetic-force coordination with this magnet has a null point between a spatter membrane formation

substrate and a target. Magnetron mold spatter electrode field coordination characterized by SEPARATO Rix which passes along this null point coming to form a dome on a target is made into a summary. Moreover, two or more permanent magnets of the sector trichotomized by the part from which the magnetization direction differs towards a pars basilaris ossis occipitalis from top-most vertices, or a triangle are combined. Consider as the shape of a circle configuration or a polygon, and the magnetization direction for an inner circumference flank is turned in the direction of top-most vertices among the above-mentioned trichotomy. The magnetization direction for a periphery flank is turned in the direction of a periphery, and the magnetization direction for an inside periphery is turned in the direction of a target, or let the magnetic circuit for forming the above-mentioned field coordination characterized by making it come to be reversed of all the aforementioned magnetization directions be a summary. Here, it is also called the Kurama point in the singular point of field coordination when magnetic field strength serves as zero as it is indicated in 4 of drawing 1 as a null point. Moreover, SEPARATO Rix is line of magnetic force which passes along this singular point as shown in 5 of drawing 1.

[0005] Below, this is explained further in full detail. In order to solve the above-mentioned technical problem, it is necessary to analyze the behavior in the inside of the electron under spatter discharge, and the field of ion first. Since electronic kinetic-energy T_e is usually several eV, if it considers as $T_e=3\text{eV}$ and $B=100$ gauss of fields Electronic cyclotron angular frequency $\omega_{ce}=1.76 \times 10^9 \text{ sec}^{-1}$ Thermal velocity $v=1.03 \times 10^6 \text{ m/sec}$ Larmor radius It is set to $\rho=0.59\text{mm}$ and Larmor radius is 1mm or less. Although kinetic-energy T_i of Ar ion in neutral Ar gas and thermal equilibrium is 1/40eV or less at the room temperature of 300 degrees K, if accelerated towards a target, it will amount to 500-1000eV of target applied voltage. therefore -- the place which entered into the discharge plasma from the sheath near the target front face (thickness is 1-2mm) -- $T_i=$ -- the number of $T_i=$ from several eV -- it is distributed over 100eV. If Field B is made into 100 gauss as well as the above Ion cyclotron angular frequency $\omega_{ci}=2.39 \times 10^4 \text{ sec}^{-1}$ $T_i=1$ / the time of 40eV Thermal velocity $v=3.52 \times 10^2 \text{ m/sec}$ Larmor radius At the time of $\rho=15\text{mm}$ $T_i=100\text{eV}$ Thermal velocity $v=2.19 \times 10^4 \text{ m/sec}$ It becomes $\rho=914\text{mm}$ of Larmor radii, and Larmor radius is set to about 1cm - 1m. A motion of an electron is restrained by the plasma of a spatter by line of magnetic force from this, and only the direction of line of magnetic force can be moved. On the other hand, since Larmor radius of ion is equipment size, it can be considered that the effect of a field is what is not received.

[0006] When line of magnetic force becomes circular on a target front face, it gushes from a target and it sediments at a target, the electron on this line of magnetic force carries out the bounce of between a gushing point and sedimenting points, doubles secondary electron, and draws ion in this field for charge neutralization, the high density plasma is formed, and erosion advances in the target field under it. On the other hand, in the field (drawing 10 field of the inner circumference sections [OC / OC and / 2] 1 and the periphery sections [D / D and / two E2] one E1) in which line of magnetic force does not return to a target, but is released, there is such no secondary electron redoubling effectiveness, the plasma does not become high density, but the rate of sedimentation exceeds it and it serves as a spatter product adhesion field from an erosion rate. Although there is also a method of taking erosion over the whole target surface as a tooth-back magnet is arranged asymmetrically, and is rotated to a medial axis and it exceeds the rate of sedimentation for an erosion rate with a revolution time average, magnet arrangement is complicated and the motor of a magnet revolution is still more nearly required of this approach.

[0007] This invention tends to control adhesion of a spatter product, without also performing a magnet revolution by simple magnet arrangement, and tends to secure erosion over the whole target surface. What is necessary is to make those all sediment to a target, if line of magnetic force which for that gushes from a target is made by many [if possible], to stop the number of open line of magnetic force, and just to make the most of the description of magnetron mold original. In addition, although the direction of line of magnetic force determines right-handed rotation or left-handed rotation by cyclotron motion of a charged particle, since this is unrelated to the phenomenon of participating in a spatter, the source and sedimentation of line of magnetic force on a target may interchange. The polarity of all the

combined magnets may be reversed by the same reason.

[0008]

[Embodiment of the Invention] Next, the gestalt of operation of this invention is explained. The primary method which controls adhesion of a spatter product over the whole target top surface, and secures erosion carries out field coordination like drawing 1, forms a null point 4, and should just form a dome (a slash shows) in SEPARATO Rix 5 which passes along this null point. All the line of magnetic force with which the description of this approach gushes from a target 1 in a dome is in the point which sediments at a target. According to the above-mentioned analysis, since the discharge plasma is shut up effectively in a dome, erosion advances efficiently over the target side whole region under a dome.

[0009] The second approach arranges field coordination centering on the dome formed in SEPARATO Rix as shown in drawing 2, arranges the annular dome of a magnetron mold conventionally to the exterior, and makes both domes approach as much as possible. In this case, the singularity of motion of the electron near the null point is used, and this is explained below. When the magnitude of Larmor radius is small to infinity, electronic motion is bound thoroughly [line of magnetic force] as mentioned above, but when Larmor radius is finite, motion of an electron [/ near this null point] is complicated to the degree of pole. Drawing 3 is what showed the motion condition of an electron [/ near the null point], although electronic motion is strictly determined by rate v (||) parallel to line of magnetic force, vertical rate v (**), and the include-angle phase ψ with line of magnetic force, is the combination of these three parameters, and can escape from and come out of it in any direction of SEPARATO Rix like drawing 3. That is, near the null point, an electronic orbit has clear effectiveness. this -- it can fade, an adhesion deposition field can be lost over the whole target surface using effectiveness, and it can also consider as whole surface erosion. Namely, what is necessary is just to bring the location (a point E1 and E2) where the line of magnetic force which passes along the target periphery section (points F1 and F2) like drawing 2 sediments at a target close to the radix point (a point D1 and D2) of the above-mentioned dome as much as possible. Point D1 on a target Point E1 In between, in the case of zero, since the rate of sedimentation is quicker than an erosion rate, Larmor radius is a field which originally adheres, but In the case of the magnitude of finite, the above fades and, as for an electron, Larmor radius is continuously supplied by effectiveness from the dome inside through a null point. Point D1 Point E1 An erosion rate and the rate of sedimentation can be reversed in between, adhesion can be lost, and it is possible to secure erosion over the whole target surface.

[0010] If an example of a magnetic circuit for acquiring the magnetron sputtering electrode field coordination of this invention is shown, as shown in drawing 4 (a) and (b) The rare earth magnet of a configuration of having considered as axial symmetry combining the triangle-like magnet 2 of 12 division is produced. A yoke 8 is set to diameter =150mm and thickness =10mm by iron. Diameter =135mm of a magnet, thickness =10mm, and a magnetic polarity In 3mm<= r <29mm, to shaft orientations, in the sense and 29 mm<= r <35mm, the sense and a magnet raw material consist of sense to the shaft-orientations target 1 side, and consist of a NdFeB system alloy outside by 35 mm<= r <=67.5mm. The silicon target with an outer diameter [of non-magnetic material / of 150mm] and a thickness of 5mm was used for the spatter so that it might mention later. In the location distant from the magnet top face 8mm or more in the direction of z , it was checked that there is no effect divided in the shape of a triangle.

[0011] Next, the r - z cross section which passes along a magnet medial axis shows the result of having measured the radial field B_r of 37x9 points, and the direction [of z] vertical field B_z from the magnet top face in the shape of a matrix in 37 points and the direction of z from -90mm to +90mm by nine points (z = 16, 21, 30, 35, 41, 46 and 51, and 56 or 61mm), at intervals of 5mm in the direction of radius r at drawing 6, drawing 7, and drawing 8. When it asked for the sense of the field B in each point from this data and the coordination of line of magnetic force was searched for, the result shown in drawing 5 was obtained. From drawing 5, a null point 4 is in the location of z = 56mm on the z -axis, and SEPARATO Rix 5 which passes along this null point 4 is sedimenting at the target by r = 34mm by z = 21mm of the below-mentioned target surface location (b). Moreover, the line of magnetic force passing through r = 75mm of peripheries of a target sediments at a target 1 among r = 35-36mm, and this location

(point E1 of drawing 2) is close to the degree of pole in the dome of SEPARATO Rix only by being separated from the point (point D1 of drawing 5) that SEPARATO Rix sediments, about 1-2mm. In addition, the actual measurement of this field coordination was in agreement with a three-dimensions finite-element-method computer count result and fitness.

[0012]

[Example] Next, although the example of this invention is explained, this does not limit this invention. It is SiNX to a glass substrate with an example outer diameter of 86mm. A layer The outer diameter of 150mm, When membranes are formed by the magnetron mold spatter on a boron dope silicon target with a thickness of 5mm, The silicon target (resistance = 0.008 ohm-cm) which doped Boron B to the magnetron mold spatter electrode is attached. An iron yoke (diameter =150mm shown in the tooth back at drawing 4 , and thickness =10mm), diameter =135mm, thickness = 10mm and a polarity In 3mm<= r <29mm, by the sense and 29 mm<= r <35mm to shaft orientations to the shaft-orientations target 1 side The sense, In 35 mm<= r <67.5mm, the sense and a magnet raw material arrange outside 12 magnets which consist of NdFeB system alloys, as shown in drawing. Ar and N2 Direct current voltage is impressed to a sink and a target for mixed gas (mixed capacity factor 1:2) by flow rate 50sccm, and it is SiNX on a substrate at a reactant sputtering technique. The insulator layer was formed. Spatter gas pressure is 9mTorr(s) and charge power was set to 4kW. In addition, a hoop direction revolution was not given to the above-mentioned magnet, but the spatter was performed by the quiescent state.

[0013] When line-of-magnetic-force coordination was searched for from each location survey field coordination shown in drawing 6 -8 at this time, the result shown in drawing 5 was obtained. Under the present circumstances, SiNX which adheres on a target After performing spatter discharge for the deposition field and adhesion field of an insulator layer, the electrode was opened and visual observation of the adhesion field was carried out. The result is shown in drawing 9 (a) and (b). At this time, when the distance MT on the magnet top face M and the front face T of a target was [the distance MS of the magnet top face M and Substrate S] 56mm in 16mm in drawing 5 , adhesion of a thin insulating material was observed, as shown in the core of a target, and an inside periphery at drawing 9 (a). The core adhesion 14 was a little less than 3mm in diameter, and the inside periphery adhesion 15 was annular [$r = 34\text{--}36\text{mm}$ (width of face of 2mm) / thin / perfect]. The radial location of this annular region is the point D1 that SEPARATO Rix of drawing 5 sediments, and D2. The radius of $r = 34\text{mm}$, the point E1 that target periphery section line of magnetic force sediments, and E2 It corresponds with the radius of $r = 35\text{--}36\text{mm}$. In this case, since it was the location which touches a null point ($z = 56\text{mm}$) mostly as the case where the locations (distance MS=56mm) of a substrate are the substrate location (a) of drawing 5 and a target surface location (a) shows, adhesion was selectively saw as mentioned above, without become whole surface erosion, because the dome of SEPARATO Rix touched the substrate in the summit section and a part of electron in the spatter discharge plasma had fall out to the substrate.

[0014] In drawing 5 , distance MT on the magnet top face M and the front face T of a target is set to 21mm. The substrate location of drawing 5 when distance MS of the magnet top face M and Substrate S is set to 61mm (b), As in the case of a target surface location (b) a null point ($z = 56\text{mm}$) is between a target and a substrate, and the dome of SEPARATO Rix is not influenced by the substrate and shown in drawing 9 (b) in this case Adhesion is not looked at at all by a core and the inside periphery, but it turns out that the whole surface is in an erosion condition.

[0015] The following things were checked from this result of having controlled thoroughly adhesion of the generation insulating material to a target top. Namely, since all the line of magnetic force that gushes from a target in the dome of SEPARATO Rix which passes along a null point sediments at a target, Point D1 D2 of drawing 5 In a between field, the plasma is shut up efficiently. The field between the points (the point E1 of drawing 5 , and E2) which sediment at a target through a target periphery (the point F1 of drawing 5 , and F2), and this point, Namely, E1 F1 and E2 F2 Also in a between field, the plasma is shut up efficiently similarly and a spatter erosion rate exceeds a deposition sticking rate. In the field near the dome (D one E1 and D two E2 of drawing 5 between field) in which deposition adhesion is expected most, the electron orbit in a null point fades, an electron is supplied out of a dome by

effectiveness, a spatter erosion rate exceeds a deposition sticking rate also here, and it is all field F1 F2 on a target front face after all. The spatter erosion rate exceeded the deposition sticking rate in between, and whole surface erosion was secured.

[0016] Moreover, the first field coordination by this invention forms a dome like drawing 1 in SEPARATO Rix which passes along a null point and this point, this is set to drawing 5, and it is a point D1 about a target radius. Since it is the case where it is made small, that effectiveness in a spatter is proved in the above-mentioned example.

[0017]

[Effect of the Invention] According to this invention, target consumption effectiveness is improvable by controlling adhesion at the target of a spatter product and securing erosion over the whole target surface. When carrying out spatter membrane formation of the insulating material using a conductive target furthermore, the defect of the substrate up generation film resulting from adhesion of the spatter insulator layer on a target and the pinhole defect of the generation film by generating of the arc near the boundary of an adhesion-on target field and an erosion field are reduction-ized, and erosion can be secured over the whole target surface.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Magnetron mold spatter electrode field coordination characterized by SEPARATO Rix where line-of-magnetic-force coordination with this magnet has a null point between a spatter membrane formation substrate and a target, and passes along this null point in the field coordination formed between this target and a spatter membrane formation substrate with the magnet arranged at the target tooth back of a magnetron mold spatter electrode coming to form a dome on a target.

[Claim 2] Magnetron mold spatter electrode field coordination according to claim 1 which comes to sediment at a target in the location near [in which the line of magnetic force which gushes from the periphery section of a target is formed in SEPARATO Rix] the dome.

[Claim 3] Two or more permanent magnets of the sector trichotomized by the part from which the magnetization direction differs towards a pars basilaris ossis occipitalis from top-most vertices, or a triangle are combined. Consider as the shape of a circle configuration or a polygon, and the magnetization direction for an inner circumference flank is turned in the direction of top-most vertices among the above-mentioned trichotomy. The magnetic circuit for forming the field coordination according to claim 1 or 2 characterized by turning the magnetization direction for a periphery flank in the direction of a periphery, and turning the magnetization direction for an inside periphery in the direction of a target, or making it come to be reversed of all the aforementioned magnetization directions.

[Translation done.]